COMUNE DI SAN VINCENZO

PROVINCIA DI LIVORNO

Piano Regolatore Generale

Piani Attuativi di Iniziativa Pubblica

STUDIO GEOLOGICO -TECNICO E VERIFICA IDRAULICA RELATIVI ALLO STRUMENTO URBANISTICO ATTUATIVO DENOMINATO "PIANO PER GLI INSEDIAMENTI PRODUTTIVI (UT 7.9)"

D.M. del 03.11.1988 - D.G.R 1212/'99 - D.C.R 12/'00

MEMORIA TECNICA

STUDIO GEOLOGIA TECNICA
DE CASSAI

Via V. Emanuele II°, 165/167
57027 San Vincenzo (LI)
Telefono 0565-703137
Telefax 0565-705975
e-mail: studio.decassai@infol.it

Aprile 2001

SOMMARIO

PREMESSA ***1***
INDAGINI DI P.R.G / EVOLUZIONE QUADRO NORMATIVO ***1***
PARTE PRIMA ***1***
§1.0 - DEFINIZIONE BACINO S.L. ***1***
§1.1-TAV.N°1-INQUADRAMENTO INVASIVO 1
§1.2-TAV.N°2- DEFINIZIONE SOTTOBACINI 2
§1.3-TAV.N°3- DEFLUSSI SUPERFICIALI 2
§1.4-TAV.N°4-GEOLOGIA BACINO 2
§1.5-COEFFICIENTE DI DEFLUSSO 3
§1.6-TAV.N°5- PERMEABILITA' BACINO 3
§1.7-TAV.N°6-DIFFUSIONE DELLA VEGETAZIONE 4
§1.8-ANALISI VALORI Cd 4
PARTE SECONDA ***4***
§2.0 - CARATTERIZZAZIONE ASTA DRENANTE ***4***
§2.1-TAV.N°7- STATO ATTUALE AMBITI / ZONE DI TUTELA 4
§2.2-TAV.N°8- RILIEVO DI DETTAGLIO /ASPETTI MORFOLOGICI 4
§2.2.1-ANALISI RISULTATI 5
§2.3-TAV.N°9- VERIFICA IDRAULICA 6
§2.4-CURVE DI POSSIBILITA' CLIMATICA 6
§2.5-PIOGGIA DI PROGETTO 6
§2.6-PORTATE DI MASSIMA PIENA 7
§2.7-TAV.N°10A-10B-10C SEZIONI IDRAULICHE 8
§2.8-VERIFICHE SEZIONE D'ALVEO IN CONDIZIONE DI MOTO UNIFORME 8
§2.9-SINTESI RISULTATI 8
§2.10-RIQUALIFICAZIONE RISCHIO IDRAULICO 9
§2.11-RIDUZIONE DEL RISCHIO 9
§2.12-TAV.N°11- OPERE IDRAULICHE IN PROGETTO 9
PARTE TERZA ***10***
§3.0 - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA ***10***
§3.1-TAV.N°12- INDAGINE IN SITU / DATI DI BASE 10
§3.2-TAV.N°13- SEZIONI GEOTECNICHE A-A'/F-F' 11
§3.2.1-SONDAGGI GEOGNOSTICI 11
§3.2.2-ANALISI DI LABORATORIO 11
§3.2.3-PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE 11
§3.2.4-CARICHI AMMISSIBILI 11
§3.2.5-MODULO DI SOTTOFONDO 11
§3.2.6-VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI 12
§3.3-ANALISI DATI GEOTECNICI 12
§4.0-PRESCRIZIONI ***14***
§4.1-PRESCRIZIONI DI CARATTERE IDRAULICO *"VINCOLANTI"* 14
§4.2-PRESCRIZIONI DI CARATTERE IDRAULICO *DI "INDIRIZZO"* 14
§4.3-PRESCRIZIONI DI CARATTERE GEOTECNICO "*VINCOLANTI*" 15
§4.4-PRESCRIZIONI DI CARATTERE GEOTECNICO DI "*INDIRIZZO*" 15
Cartografia tematica / Allegati 17
Errata Corrige 18

PREMESSA

Siamo stati incaricati dal ***Comune di San Vincenzo*** di eseguire una indagine geologico – tecnica di supporto alla *Pianificazione Attuativa di Iniziativa Pubblica* relativa all'espansione della Zona Industriale, ai sensi dell'Art.n°32 comma 5) e 6) della L.R n°5/'95. L'indagine, che prevede in osservanza alla Norma, un dettaglio investigativo di livello superiore rispetto alle indagini di supporto al P.R.G ha permesso di:

1. *Riqualificare il Rischio Idraulico secondo le modifiche introdotte dalla D.G.R 1212/'99 (Perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato ed elevato nel bacino regionale Toscana Costa e relative misure di salvaguardia).*
2. *Fornire uno schema progettuale compiutamente definito per la riduzione del Rischio Idraulico.*
3. *Produrre, attraverso investigazioni geognostiche ed indagini geotecniche dirette, una parametrizzazione del comportamento meccanico delle terre con riferimento al D.M. del 03/11/1988.*

INDAGINI DI P.R.G / EVOLUZIONE QUADRO NORMATIVO

Per il Piano Attuativo in oggetto (di seguito sempre indicato con PA), inserito nella Variante Generale al P.R.G. (1999), il grado di **Fattibilità**, determinato dalle "Indagini geotecniche di supporto alla Pianificazione Urbanistica" redatte secondo la D.C.R. n°94/85, indicava la **Classe 3** (*Fattibilità condizionata*). Successivamente la Carta delle Aree a Rischio Idrogeologico, (Rif.D.G.R 1212/'99), classificava la zona in espansione con una zonizzazione in parte riconducibile alla *Pericolosità Idraulica* **P.I. "3"** e in parte alla **P.I."4"**.

PARTE PRIMA

§1.0 - DEFINIZIONE BACINO S.L

Lo studio si è articolato in un' analisi particolareggiata del bacino del Botro Bufalone parzializzato in 4 sottobacini; le tematiche sono state sviluppate negli elaborati di seguito indicati che ne descrivono le caratteristiche determinandone alcuni parametri idrologici ed idrogeologici:

TAV.n°1	**INQUADRAMENTO INVASIVO**
TAV.n°2	**DEFINIZIONE SOTTOBACINI**
TAV.n°3	**DEFLUSSI SUPERFICIALI**
TAV.n°4	**GEOLOGIA BACINO**
TAV.n°5	**PERMEABILITA' BACINO**
TAV.n°6	**DIFFUSIONE DELLA VEGETAZIONE**

§1.1-TAV.N°1-INQUADRAMENTO INVASIVO

Rappresenta il complesso del Bacino del Botro Bufalone s.l, ed il profilo morfologico del profilo di deflusso del Botro Bufalone s.s.

§1.2-TAV.N°2- DEFINIZIONE SOTTOBACINI

Il *bacino idrografico* viene definito come *quella porzione di territorio il cui deflusso idrico superficiale viene convogliato verso una sezione definita del corso d'acqua, detta sezione di chiusura del bacino*. Integrando i dati di campagna con quelli elaborati sulle cartografie disponibili, è stato definito il perimetro complessivo del bacino e dei relativi 4 sottobacini.

- *Sottobacino N°1* denominato del "Botro Bufalone ss" definito dallo spartiacque naturale che racchiude l'asta principale di secondo ordine gerarchico e i suoi tributari.
- *Sottobacino N°2* denominato di "San Bartolo", situato sulla dx orografica del Botro, definito dalle canalette artificiali e dalle pendenze che recapitano le acque sul fosso a lato della strada omonima.
- *Sottobacino N°3* denominato della "Valle dei Manienti" situato sulla sx orografica del Botro Bufalone.
- *Sottobacino N°4*, denominato della "Via Aurelia", prodotto dalla verticalizzazione della viabilità (Strada Provinciale per Campiglia e snodo S.S N°1 Variante Aurelia).

§1.3-TAV.N°3- DEFLUSSI SUPERFICIALI

La definizione del bacino ha richiesto numerose verifiche dirette dei deflussi superficiali, il cui originario assetto naturale, è stato in gran parte modificato dal livello di antropizzazione dell'area. Analizzando i deflussi si osserva che, i bacini N°2 e N°3 recapitano direttamente nel Botro Bufalone prima della sua *sezione di chiusura* , il N°4 raggiunge il Botro nel *nodo idraulico* situato a ridosso della confluenza della S.P Vecchia Aurelia con la Strada di S.Bartolo.

§1.4-TAV.N°4-GEOLOGIA BACINO

Sulla base della geologia ufficiale più recente e di rilievi di campagna sono stati tracciati i contatti geologici delle formazioni affioranti all'interno della superficie del bacino in oggetto. In sintesi riportiamo le principali formazioni affioranti partendo da quelle "geometricamente" più alte.

FORMAZIONI OLOCENICHE

- **detrito**
- **alluvioni**

COMPLESSO NEOAUTOCTONO

- **Sabbie rosso-arancio di Donoratico (Pleistocene sup.),** esse affiorano su gran parte della superficie di bacino caratterizzata da un andamento per lo più pianeggiante.
- **Sabbie rosse della Val di Gori e conglomerati in calcareniti sabbiose (Pleistocene medio),** affioranti alla base dei rilievi minori presenti.

COMPLESSO DELLE FORMAZIONI IN FACIES LIGURE

- **Flysch calcareo-marnoso di M.te Verdi e Argilliti e siltiti con Pithonella (Paleocene-Cretaceo sup.),** rappresentati dai rilievi minori.

COMPLESSO DELLE FORMAZIONI IN FACIES TOSCANA

- **Flysch arenaceo "Macigno" (Oligocene),** è riconoscibile in un piccolo affioramento nella zona settentrionale del bacino e giace al di sopra delle formazioni Liguri per un contatto di sovrascorrimento.
- **Argilliti varicolori (Oligocene - Eocene Cretacico),** sviluppate in una fascia orientata ca. NE-SW che sovrastano anch'esse le formazioni Liguri ad opera di un sovrascorrimento e al nucleo di una struttura sinclinale sul M.te Rombolo.
- **Radiolariti (Giurassico sup.),** sottile livello al contatto con la formazione precedente.
- **Calcari nodulari rossi con Ammoniti (Giurassico inf.),** piccolissimo affioramento sempre nella struttura sinclinale.
- **Calcare massiccio (Giurassico inf.),** presenza invasiva sui rilievi nella zona NE del bacino.

§1.5-COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Per *Coefficiente di deflusso medio annuo (**Cd**) si intende il rapporto fra il deflusso annuale del corso d'acqua, riferito ad una determinata sezione di chiusura ed il volume delle precipitazioni cadute durante lo stesso periodo all'interno del suo bacino imbrifero.* Abbiamo utilizzato, per il calcolo di questo parametro idrologico, il metodo semplificato di Kennessey, particolarmente idoneo per piccoli bacini. Questo metodo passa attraverso la stima di tre indici parziali, legati rispettivamente all'acclività media del bacino (Ca), alla sua copertura vegetale (Cb) e alla permeabilità delle rocce affioranti (Cp), che sono, unitamente a quelli climatici, i principali fattori influenzanti il volume del deflusso superficiale.

Acclività media del bacino

In generale una maggiore acclività media comporta un aumento del deflusso superficiale, a sfavore del ristagno delle acque meteoriche e conseguentemente dell'infiltrazione e dell'evapotraspirazione.

Copertura vegetale del bacino

Una copertura vegetale invasiva diminuisce il valore di *Cd*, sia perché è maggiore in questi casi il volume d'acqua disperso per traspirazione dalle piante, sia perché la vegetazione tende ad ostacolare il deflusso superficiale, rallentandolo e favorendo quindi l'infiltrazione.

Permeabilità media del bacino

Una elevata permeabilità media favorisce l'infiltrazione delle acque meteoriche, riducendo di conseguenza il deflusso superficiale.

Fattori climatici (piovosità e temperatura)

Più che dai valori annuali delle precipitazioni e della temperatura, il valore del coefficiente di deflusso è influenzato dalla loro distribuzione nel corso dell'anno. Si possono verificare due casi estremi.

- Le massime precipitazioni coincidono con i massimi valori di temperatura: in questo caso è da attendersi un'intensa evapotraspirazione, con forte riduzione del deflusso superficiale e di conseguenza del Cd.
- Le massime precipitazioni coincidono con i minimi valori di temperatura: in questo caso è da attendersi una perdita per evapotraspirazione minima ed un elevato deflusso superficiale.

§1.6-TAV.N°5- PERMEABILITA' BACINO

Ad ogni litotipo affiorante è stato conferito un valore di permeabilità, ricavando tre classi:

- *Classe 1: molto scarsa,* abbiamo inserito in tale classe formazioni quali le argilliti ed i flysch che presentano una permeabilità secondaria molto bassa.
- *Classe 2: mediocre,* in questa classe rientrano le formazioni sabbiose e conglomeratiche abbastanza cementate, permeabili per porosità e le radiolariti, con permeabilità secondaria.

- *Classe 3: buona*, in quest'ultima classe rientrano i materiali sciolti olocenici, permeabili per porosità, e i calcari massicci, con alta permeabilità secondaria mista.

In base alla superficie delle Formazioni appartenenti alle 3 classi e alle loro caratteristiche è stato definito per ogni settore il *Coefficiente di deflusso.*

§1.7-TAV.N°6-DIFFUSIONE DELLA VEGETAZIONE

Abbiamo definito i diversi limiti della superficie vegetativa sulla base di tre zone: il bosco e la macchia, oliveti e zone prive di vegetazione o con vegetazione trascurabile, per poterne misurare il "peso" in termine di superficie da utilizzare nel calcolo del *Coefficiente di Deflusso.*

§1.8-ANALISI VALORI Cd

Carta della Permeabilità: il valore più elevato di Cd, corrispondente ad un'alta percentuale di quantità di acqua che ruscella invece di infiltrarsi, è presentato dalla classe 2 (mediocre) anziché dalla 1 (molto scarsa) per il fatto che si estende per una superficie maggiore.
Carta della copertura vegetale: il valore più elevato del Cd viene assunto dalla parte priva di vegetazione, sia perché l'infiltrazione viene così ostacolata sia per la maggiore estensione areale di questa parte; il secondo valore di Cd viene assunto dalla parte caratterizzata dalla presenza di bosco e macchia che, pur facilitando maggiormente l'infiltrazione rispetto alla parte coltivata ad oliveto, ha una superficie maggiore e quindi un Cd più alto.

PARTE SECONDA

§2.0 - CARATTERIZZAZIONE ASTA DRENANTE

Lo studio riferito al tratto di Botro sotteso al Piano Attuativo ha come riferimento la cartografia tematica di seguito indicata :

TAV.n°7	**STATO ATTUALE/AMBITI/ZONE DI TUTELA**
TAV.n°8	**RILIEVO DI DETTAGLIO / ASPETTI MORFOLOGICI**
TAV.n°9	**VERIFICA IDRAULICA**
TAV.n°10A	**SEZIONI IDRAULICHE 1-1'/4-4'**
TAV.n°10B	**SEZIONI IDRAULICHE 5-5'/7-7'**
TAV.n°10C	**SEZIONI IDRAULICHE A-A'/F-F'**
TAV.n°11	**OPERE IDRAULICHE IN PROGETTO**

§2.1-TAV.N°7- STATO ATTUALE AMBITI / ZONE DI TUTELA

Rappresenta la base per tutte le carte successive essendo mutuato dal rilievo topografico dell'area del PA. In esso sono rappresentati, l'andamento del Botro, gli "*Ambiti Idraulici*", le zone di "*Tutela Assoluta*" (Rif.D.C.R 12/'00) delle opere di captazione e le tracce di sezione utilizzate per la verifica idraulica.

§2.2-TAV.N°8- RILIEVO DI DETTAGLIO /ASPETTI MORFOLOGICI

Sia in planimetria che in sezione sono riportati gli elementi di natura fisica, vegetazionale ed antropica che interagiscono con l'asta drenante. Dal punto di vista dei deflussi una situazione particolarmente critica si riscontra nella zona d'intersezione tra la S.P Vecchia

Aurelia e la Strada Comunale di San Bartolo. Qui infatti confluiscono i 4 sottobacini che originano, a causa di un sistema di by-pass (**B1-B1bis-B2-B3**) caratterizzati da sezioni drenanti inadeguate alle portate di colmo, una "**strozzatura idraulica**" complicata da deviazioni ortogonali e tratti tombati. Nel settore compreso tra la chiavica **B3** e la **B4** si ha alternanza di una vegetazione dapprima rappresentata da un canneto poi da fitti rovi; la scarpata di sx del fosso tende a divenire molto ripida, quasi verticale e caratterizzata talvolta da dissesti gravitativi localizzati sulla sponda. La scarpata dx è invece resa più stabile dove maggiore è la presenza dei rovi; sul fondo dell'alveo affiorano sabbie e limi. Oltrepassata la zona in cui l'alveo risulta quasi completamente infestato dai rovi cominciano a comparire sporadici alberi di quercia sulle sponde. Dalla chiavica **B5** in poi (direzione Ovest), vi è praticamente sempre presenza di acqua dovuta ad uno scarico che recapita nel Botro che favorisce il proliferare della vegetazione infestante. Dalla chiavica **B5** alla **B6** lo scenario cambia radicalmente. A monte della chiavica non c'è più acqua sul fondo, nell'alveo sono talvolta presenti grossi alberi di quercia, peraltro molto diffusi sulle sponde. Cominciano ad affiorare i conglomerati, ma soprattutto bancate calcarenitiche di spessore superiore ad 1 ml. che creano dei veri e propri gradini morfologici che sicuramente influenzano la velocità dell'acqua comportandosi da briglie naturali. Questa situazione praticamente si protrae poco oltre la sezione **D-D'**, dove inizia un tratto caratterizzato da una folta vegetazione (arbusti e canne). In questo settore è localizzato un muro di cls alto ca 2, 5 ml. e lungo 8ml., posizionato a protezione della sponda in aderenza all'area antropizzata. La vegetazione rimane tale fino in prossimità della chiavica **B7**; da qui in poi la sezione drenante perde la diversità morfologica e presenta una sezione di deflusso trapezoidale assunta dopo un intervento di rettifica. La vegetazione diminuisce molto e rimane costituita prevalentemente da erba, spariscono completamente anche gli alberi sulle sponde dell'alveo. Al termine del tratto regolare si ha un significativo incremento di quota, con presenza di un vasto canneto che nasconde alla vista una zona assai ampia, mal definita nella propria geometria, caratterizzato da una forte riduzione nell'altezza delle sponde e che termina in prossimità del rilevato della Variante Aurelia dove è situata la chiavica **B8**. Il diametro di quest'ultima è di ca. 5 ml, con i fianchi protetti da 3 file di gabbioni riempiti di pietrame.

§2.2.1-ANALISI RISULTATI

Il tracciato indagato è di tipo non rettilineo, con profilo delle sponde e profondità dell'alveo variabili. Nel dettaglio :

- *Il tratto investigato presenta una serie di "strozzature" di natura antropica che interagiscono negativamente con il deflusso delle acque, la più pericolosa delle quali, è situata a valle del perimetro di PA in prossimità della S.P Vecchia Aurelia.*
- *Lo sviluppo longitudinale dell'asta drenante è per lunghi tratti associato a dissimetrie di sponda molto marcate.*
- *Gran parte del tratto centrale è interessato da vegetazione ad alto fusto, esteticamente pregevole e talvolta radicata all'interno dell'alveo; nel tratto mediano verso Ovest è "infestato" da rovi ed arbusti ben affermati. La presenza di vegetazione in alveo e sulle sponde aumenta la scabrezza idraulica aumentando di conseguenza la resistenza al moto e riducendo la velocità. L'aumento di scabrezza produce, a parità di portata, un innalzamento del livello idrometrico e dunque un maggior rischio di esondazione.*
- *Le sezioni drenanti del fosso hanno valori eterogenei* (min. ca.2.8 mq. - max. ca.22 mq.)

§2.3-TAV.N°9- VERIFICA IDRAULICA

Questo elaborato rappresenta lo sviluppo delle *zone esondabili* ed è interfacciato con le *sezioni idrauliche di verifica*; include un profilo longitudinale con informazioni relative al livello max. del T*irante d'acqua,* le *Portate di colmo,* oltre ai R*estringimenti* variamente posizionati lungo l'asse dell'alveo.

§2.4.-CURVE DI POSSIBILITA' CLIMATICA

Partendo dai dati pluviometrici disponibili reperiti sugli Annali Idrologici del Servizio Idrografico territorialmente competente (Rif.Tab.A / B), sono state elaborate le curve che descrivono l'altezza delle precipitazioni (h) in funzione della loro durata (t). L'equazione che collega queste due variabili ha la seguente forma:

$$h\ (mm) = a\ t^n$$

dove a = variabile funzione del tempo di ritorno
n = costante per un dato valore di t

e prende il nome di *curva segnalatrice di possibilità climatica o pluviometrica.*
Tale equazione ha permesso di calcolare l'altezza meteorica (h) relativa ad una precipitazione di 1 ora (t), con tempi di ritorno di 20, 100, 200 anni. In relazione ai dati pluviometrici si distinguono i dati relativi alle precipitazioni con durata inferiore ad 1 ora (piogge di notevole intensità e breve durata), da quelle di durata superiore. Le durate di riferimento sono generalmente standard, e nel nostro caso sono state prese in considerazione quelle orarie (1, 3, 6, 12 e 24 ore). Per avere una stima sufficientemente attendibile della *curva segnalatrice di possibilità climatica* sono state utilizzate le registrazioni di un intervallo di 30 anni. *Ricavate le curve si è notato che, mentre n rimane più o meno costante, il parametro a tende ad assumere valori differenti in funzione del tempo di ritorno, tendendo a crescere con esso (a è ricavabile attraverso la procedura statistica di Gumbel).*

§2.5-PIOGGIA DI PROGETTO

Il calcolo della portata di massima piena e l'elaborazione del relativo idrogramma devono essere preceduti dalla determinazione della *pioggia di progetto*, cioè *dell'evento meteorico più gravoso per un determinato tempo di ritorno.* I passaggi per la sua determinazione sono:

a) Stima dell'altezza pluviometrica

Fissato il tempo di ritorno dell'evento meteorico e la sua durata (posta uguale al tempo di corrivazione nel caso si utilizzino i metodi cinematici per il calcolo della portata di piena), l'altezza di precipitazione meteorica è stata stimata attraverso la curva di possibilità climatica della stazione pluviometrica di riferimento:

$$h=at^n$$

b) Coefficiente di ragguaglio

Si tratta di un fattore moltiplicativo, variabile da 0 a 1, che serve a tenere conto del fatto che l'altezza di precipitazione tende a diminuire all'aumentare dell'area interessata dall'evento meteorico. L'altezza di precipitazione misurata dalla stazione pluviometrica è infatti un dato puntuale e va quindi corretto in funzione dell'area sulla quale si considera

Piogge medie mensili in mm

Tab A.-Stazione di S.Carlo

ANNO	MESI											
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
1951	9,7	10,3	10,4	6,6	11,3	7,4	29,0	6,3	29,4	15,0	6,3	10,0
1952	5,4	8,5	5,0	2,2	10,0	-	101,6	5,9	10,9	10,2	6,6	4,7
1953	12,1	10,3	3,0	7,7	7,8	20,9	7,3	5,0	6,0	14,8	5,7	10,1
1954	8,0	8,9	9,5	4,7	11,5	8,9	11,0	9,6	4,2	1,8	13,6	8,8
1955	9,3	7,5	8,9	3,4	5,8	11,5	3,7	6,9	11,6	6,4	14,8	17,3
1956	4,8	4,2	16,2	7,3	19,9	9,3	13,2	-	6,6	8,1	17,2	11,5
1957	7,5	4,9	4,6	5,7	5,5	7,2	13,4	1,7	-	13,7	12,0	8,9
1958	12,5	3,8	10,5	6,8	7,2	5,8	4,0	-	2,0	53,4	11,3	10,2
1959	5,5	5,3	14,7	7,6	14,2	7,0	0,6	9,3	11,2	19,3	9,9	15,9
1960	9,3	8,8	9,2	15,3	7,2	33,0	9,4	3,8	9,2	5,9	6,7	11,7
1961	8,1	4,3	-	16,3	6,3	9,7	2,1	0,8	42,3	20,9	20,3	10,4
1962	9,4	8,3	10,5	5,5	7,8	5,0	0,8	-	13,3	25,1	15,0	7,1
1963	9,4	8,8	13,7	12,5	9,7	4,1	17,2	2,5	6,0	13,0	9,5	6,4
1964	7,3	7,9	12,7	9,7	10,6	23,2	3,9	7,6	13,3	11,2	9,7	14,3
1965	8,9	6,7	5,6	9,4	7,9	6,9	1,4	12,4	10,8	0,8	7,6	3,3
1966	8,3	8,4	7,4	6,1	4,0	10,8	13,4	12,6	36,5	16,9	15,6	3,8
1967	8,3	21,9	1,1	6,6	15,3	20,2	-	19,6	10,1	11,0	9,8	7,7
1968	6,4	8,6	5,6	4,4	6,9	17,1	16,4	5,3	4,8	19,8	13,2	13,5
1969	13,7	9,8	7,1	6,0	8,8	3,9	5,6	2,1	18,0	20,9	8,7	9,6
1970	14,9	7,3	9,3	4,1	8,5	23,3	5,9	8,3	-	6,3	13,6	9,6
1971	7,5	13,2	5,7	4,0	6,5	12,0	5,0	15,4	11,3	2,8	17,4	5,6
1972	10,9	9,2	5,9	8,7	6,2	3,9	3,2	4,2	9,3	19,2	11,1	13,9
1973	7,1	6,4	8,6	3,8	3,1	3,0	15,0	12,2	10,2	21,4	13,4	4,8
1974	6,7	10,7	7,4	11,2	13,1	8,1	4,5	4,2	12,7	4,7	4,0	6,3
1975	2,5	9,1	9,6	13,1	5,7	9,3	-	4,6	19,6	14,6	11,6	22,6
1976	11,2	7,8	8,2	9,4	7,0	7,3	22,4	11,2	10,9	9,9	7,9	7,0
1977	10,9	6,4	8,5	4,7	5,9	5,0	13,0	6,3	16,0	26,8	9,1	8,0
1978	10,5	12,8	4,8	7,3	3,8	8,4	7,5	61,2	3,8	5,0	16,3	6,9
1979	16,8	5,9	8,2	7,2	1,0	2,7	2,2	8,1	16,6	16,2	12,4	9,0
1980	6,6	6,9	12,3	7,2	6,7	10,9	2,5	24,8	7,9	11,0	10,5	9,9
1981	5,3	7,6	6,5	9,2	13,3	5,7	10,8	0,4	17,4	26,4	0,2	10,2
1982	13,4	7,3	9,5	4,8	7,5	2,4	2,8	2,2	6,7	14,1	10,5	4,1
1983	2,0	11,2	15,4	11,9	7,4	7,4	3,0	47,2	8,3	25,7	5,4	13,9
1984	7,3	9,4	12,9	9,0	8,2	7,0	-	11,1	15,4	8,5	19,5	7,6
1985	7,4	2,8	16,5	0,8	8,9	1,8	-	13,3	7,2	6,4	11,7	8,0
1986	16,8	10,5	10,5	15,3	1,8	9,3	12,7	4,6	12,7	4,9	8,7	59,6
1987	10,4	?	3,8	2,9	4,9	4,9	18,0	1,4	4,9	?	14,9	6,2
1988	7,1	4,7	6,6	6,8	15,9	6,6	1,0	2,1	9,3	24,3	5,1	10,4
1990	3,4	2,8	4,8	13,4	8,2	7,5	2,3	4,3	19,1	18,3	11,4	15,3
1991	4,1	6,7	9,2	9,5	10,2	8,3	-	25,0	10,8	13,5	14,3	3,2
1992	12,7	7,2	3,6	3,6	4,4	8,8	2,5	29,2	12,7	13,1	5,9	21,5
1993	1,6	2,6	5,0	8,5	6,7	10,2	1,2	4,2	23,0	13,8	12,1	5,5
1994	6,2	6,9	0,8	6,8	12,7	13,1	3,9	-	20,2	18,2	22,4	4,6
1995	8,0	8,7	8,1	5,6	6,7	8,8	8,2	5,9	13,6	3,1	17,3	11,5
1996	13,2	12,2	7,0	8,0	11,2	4,7	5,7	12,1	7,6	16,7	10,7	8,6

Temperature medie mensili °C

Tab.B -Stazione di Suvereto

ANNO	MESI											
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
1951	10,6	10,7	11,2	14,3	17,3	22,5	23,9	25,1	23,9	16,8	14,6	11,3
1952	8,6	9,1	12,0	16,9	18,9	24,7	28,1	26,3	21,5	16,4	11,9	9,4
1953	7,1	8,8	11,7	15,8	20,5	20,3	25,4	25,5	23,3	19,1	14,1	12,6
1954	6,5	7,3	12,9	14,2	17,3	21,9	22,9	22,6	22,7	17,9	13,6	11,7
1955	11,9	11,0	11,4	15,0	19,3	22,8	26,4	25,7	22,2	18,4	12,9	13,1
1956	10,7	5,6	10,3	13,8	19,3	20,6	24,7	25,7	23,3	17,4	11,5	10,2
1957	8,8	12,1	12,9	13,5	16,8	22,5	24,2	25,8	21,4	17,4	13,3	9,5
1958	8,6	11,3	9,1	12,2	19,0	20,7	23,6	25,4	23,9	18,6	14,2	12,2
1959	8,6	10,5	12,8	13,9	17,5	22,2	25,4	25,2	21,6	17,1	13,0	11,1
1960	9,2	10,2	12,3	14,0	18,0	23,3	23,1	23,7	20,3	16,8	14,4	9,9
1961	8,6	11,0	13,1	16,8	17,6	21,5	24,7	25,0	24,1	18,4	13,3	10,1
1962	10,2	8,6	8,6	14,6	16,9	21,3	24,5	26,1	23,4	18,4	11,9	7,5
1963	5,4	7,5	10,5	14,5	16,6	21,2	25,8	24,3	21,8	17,7	15,4	8,8
1964	8,4	9,8	11,9	14,0	19,2	23,7	25,8	24,7	22,2	17,3	14,1	10,2
1965	9,4	6,6	11,3	13,2	16,5	20,7	24,2	24,5	19,9	18,7	14,0	10,9
1966	6,9	11,5	10,8	14,8	17,9	21,9	22,4	23,2	21,7	18,5	11,8	9,0
1967	8,2	9,6	12,4	13,6	17,8	20,4	25,9	25,1	21,6	19,8	13,5	8,6
1968	6,7	10,3	11,0	14,5	18,7	20,1	24,3	22,5	21,0	17,5	13,4	8,8
1969	8,1	7,3	10,9	12,1	17,5	20,2	23,2	24,4	21,6	18,8	14,8	7,5
1970	11,4	8,7	8,8	12,6	16,0	22,6	24,4	23,5	23,0	17,0	14,1	9,6
1971	8,9	9,3	8,5	15,7	18,4	20,2	25,0	26,8	21,2	16,5	12,4	9,6
1972	9,1	11,1	13,3	13,7	17,0	21,6	24,4	23,3	19,5	15,7	14,3	10,4
1973	9,2	8,9	9,9	12,1	18,5	22,7	24,4	25,6	22,8	18,1	12,6	8,9
1974	10,6	10,8	11,9	13,1	16,9	21,5	23,8	25,4	21,3	12,9	12,1	10,0
1975	10,0	8,9	10,6	13,5	18,7	20,5	24,5	26,2	22,2	16,9	11,5	10,2
1976	8,8	10,4	10,3	13,1	18,7	22,6	24,3	22,9	19,4	13,8	10,9	9,7
1977	9,5	11,3	11,6	12,1	17,5	19,7	22,3	21,6	20,0	17,8	12,0	9,8
1978	8,6	9,4	11,5	11,8	16,3	20,4	22,3	23,3	20,3	16,3	12,0	10,2
1979	7,4	9,6	11,8	11,6	17,2	22,2	23,7	23,1	20,5	17,5	11,3	10,3
1980	7,4	9,6	11,2	11,9	15,3	18,5	21,0	23,7	20,6	16,5	11,5	7,5
1981	5,6	7,5	11,8	14,9	16,1	21,3	22,2	24,7	21,6	17,5	11,0	9,3
1982	10,0	8,9	9,9	12,6	17,4	22,8	25,6	24,0	22,6	17,4	13,6	10,8
1983	9,9	6,2	11,5	13,4	16,3	21,3	26,2	24,0	21,3	17,3	12,6	9,4
1984	8,7	7,7	9,9	13,6	15,2	19,6	23,2	22,9	19,8	17,1	14,3	10,4
1985	4,9	8,9	10,5	14,3	17,6	21,0	25,7	24,5	22,6	18,0	12,0	11,7
1986	8,7	7,1	10,8	13,4	19,9	20,3	23,0	24,2	21,1	18,8	13,3	9,0
1987	7,6	9,0	8,0	13,7	15,7	21,1	25,7	24,6	23,5	18,9	12,9	10,7
1988	10,9	9,2	10,5	13,7	18,6	19,8	23,1	23,4	20,0	18,8	11,3	9,2
1989	9,0	10,6	13,2	13,7	17,4	20,3	24,0	23,2	19,6	16,3	12,2	10,3
1990	9,0	12,3	12,3	13,5	18,4	20,9	23,4	23,4	20,1	19,3	12,7	7,5
1991	8,6	7,9	13,5	12,4	14,3	19,8	23,6	23,6	21,9	15,2	11,5	8,5
1992	9,3	9,3	11,4	13,8	20,3	19,6	23,1	25,5	20,8	16,8	13,8	10,0
1993	9,3	8,5	10,4	13,3	18,2	21,4	23,3	24,8	20,5	17,6	11,5	10,8
1994	9,7	9,3	13,1	12,8	17,2	19,3	25,4	24,9	21,2	16,6	14,6	10,5
1995	8,0	10,9	10,6	12,7	16,9	19,9	26,4	22,7	17,8	17,1	12,1	10,2
1996	10,1	7,8	10,1	13,0	16,7	20,3	22,9	23,0	17,9	14,1	11,3	7,1

distribuito l'evento piovoso.Nel caso di piccoli bacini (fino a 100 kmq) si può utilizzare il criterio del DEWC (1981)

§2.6-PORTATE DI MASSIMA PIENA

Sono stati utilizzati metodi di calcolo cinematici; si tratta di relazioni che si basano sulla stima del ***Tempo di corrivazione*** (τ_c) del bacino inteso come il tempo necessario, perché le acque di afflusso meteorico raggiungano la sezione di chiusura del bacino, rispetto alla quale viene eseguito il calcolo della portata di massima piena, partendo dai punti più lontani. Questo parametro è una costante per ogni bacino, in quanto funzione esclusivamente della morfologia, delle litologie affioranti e della copertura vegetale. Stimato il valore di τ_c è possibile passare alla valutazione delle portate di massima piena al colmo. Il primo dato che occorre ricavare è la pioggia di progetto, per un tempo di ritorno fissato, corrispondente ad una durata uguale al tempo di corrivazione. Tale grandezza può essere ricavata attraverso le procedure di elaborazione dei dati pluviometrici viste in precedenza.
L'altezza di precipitazione ricavata (h) va introdotta in una delle formule cinematiche disponibili in letteratura. Tra le più utilizzate sono le formule di Giandotti, di Merlo ed del Metodo Razionale. La relazione di Giandotti tende a sovrastimare le portate nel caso di piccoli bacini (poche decine di kmq), in quanto inizialmente calibrato su bacini con estensione superiore ai 500 kmq, per cui abbiamo utilizzato il Metodo di Merlo (specifico per piccoli bacini) ed il Metodo Razionale per effettuare un confronto. Per elaborare quest'ultimo è stato necessario risalire al valore del *coefficiente di afflusso* di un bacino in funzione del tempo di ritorno dell'evento meteorico

Formula del Metodo Razionale

Ha la seguente espressione:

$$Q_{\max}(mc/s) = 0.278\frac{c_a hA}{\tau_c}$$

dove:
Q_{max} (mc/s) = portata di massima piena al colmo per un dato tempo di ritorno
c_a = coefficiente di afflusso, variabile da 0 a 1
S_b (kmq) = area del bacino
h (mm) = altezza di precipitazione ragguagliata riferita a τ_c per un dato tempo di ritorno;
τ_c (h) = tempo di corrivazione.

Formula di Merlo

La relazione è la seguente:

$$Q_{\max}(mc/s) = C_m hA$$

dove:
$C_m = 0.0363 + 0.0295 \times \ln(T_r)$;
T_r (anni) = tempo di ritorno.

§2.7-TAV.N°10A-10B-10C SEZIONI IDRAULICHE

Sono state impiegate sezioni a diversa scala sia per coprire l'intera area del PA sia per aumentare il dettaglio rappresentativo; sono riportati inoltre i dati relativi ad ogni *Sezione di verifica* ed il *Livello idrometrico* elaborato con il Metodo di Merlo per tempi di ritorno di 200 anni.

§2.8-VERIFICHE SEZIONE D'ALVEO IN CONDIZIONE DI MOTO UNIFORME

Su ogni sezione di verifica è stato calcolato il *battente d'acqua*, per i valori di portata quantificati con i 2 metodi (Merlo e Razionale). La portata che defluisce per una determinata sezione d'alveo è fornita dalla relazione:

$Q\ (mc/s) = A \times v_m$;

dove:

A (mq) = area della sezione trasversale dell'alveo;
v_m (m/s) = velocità media della corrente.

Assumendo il criterio del *moto uniforme*, cioè immaginando che la linea piezometrica abbia la stessa inclinazione dell'alveo nella direzione della corrente, criterio valido in corsi d'acqua a debole pendenza, la velocità media della corrente può essere espressa dalla relazione (Gauckler-Strickler):

$v_m\ (m/s) = K_s \times R_h^{2/3} \times (i/100)^{1/2}$;

dove:

K_s ($m^{1/3}s^{-1}$) = coefficiente di resistenza di Strickler;
R_h(m) = raggio idraulico = A / Perimetro bagnato;
i (%) = pendenza dell'alveo nel tratto considerato.

Valutata la velocità della corrente, noto il valore dell'area della sezione del corso d'acqua, si può calcolare la portata smaltibile, da confrontare con la portata di piena di riferimento. Per i valori di K_s dalla letteratura abbiamo assunto quello relativo ai corsi d'acqua piccoli (larghezza in piena <30 m.l.) e sezione irregolare attribuendogli il valore di 20.

§2.9-SINTESI RISULTATI

La **verifica idraulica** per tempi di ritorno di *20,100* e *200* anni ha evidenziato quanto segue:

- ***Quasi tutto il tratto del Botro Bufalone interno al perimetro di PA è variamente interessato da esondazione, sia applicando la calcolistica relativa al Metodo di Merlo che al Metodo Razionale.***
- ***Il Metodo di Merlo esprime valori delle portate generalmente più alti, quindi riferendosi ad esso si è operato a favore della sicurezza.***
- ***In due zone gli effetti dell'esondazione sono maggiormente rilevanti:***

1. ***La prima è situata all'interno del perimetro di progetto del PA tra le sezioni di verifica 7 e 12 (Rif.Tav.n° 9) ed interessa in gran parte la zona antropizzata.***

2. ***La seconda è situata esternamente al perimetro del PA in prossimità dell'innesto della Strada Comunale di S.Bartolo con la Strada Provinciale Vecchia Aurelia.***
- ***Il "franco di sicurezza" sul profill di piena non è mai verificato se si eccettua la sezione drenante di verifica che sottende la maggior superficie.***

§2.10-RIQUALIFICAZIONE RISCHIO IDRAULICO

Dai risultati dello studio ai sensi della D.G.R 1212/'99 la ***Classe di Pericolosità*** dell'area viene elevata a livello di **P.I. "4"** (**Pericolosità idraulica molto elevata**).

§2.11-RIDUZIONE DEL RISCHIO

Le opere per il superamento delle condizioni di pericolo (di cui verrà dato conto nel § successivo) sono finalizzate a ***ridurre le condizioni di rischio a valle ed internamente al perimetro del PA*** applicando il seguente schema tecnico :

- ***Esecuzione di opere interne al perimetro di piano piuttosto che interventi diluiti a livello di bacino dispersivi e di effetto discutibile.***
- ***Esecuzione di opere situate a valle del perimetro di piano ma di fatto integrate con esso.***
- ***Salvaguardia della vegetazione arborea ad alto fusto presente lungo le sponde.***
- ***Privilegiare nella realizzazione delle opere in progetto l'utilizzo di una combinazione di materiali inerti (legname, geosintetici, prodotti in rete metallica a doppia torsione e pietrame) piuttosto che cls..***
- ***Contenere al minimo la rettifica del tracciato attuale.***

Questo ultimo concetto trova il suo riferimento normativo nella D.C.R n°155/'97 in cui, a proposito di "Sistemazioni fluviali ed opere idrauliche", si legge fra l'altro: *"nella progettazione degli interventi dovrà assumersi quale aspetto vincolante la conservazione delle caratteristiche di naturalità dell'alveo fluviale, degli eco sistemi e delle fasce verdi ripariali, il rispetto delle aree di naturale espansione e relative zone umide collegate"(sic).*

§2.12-TAV.N°11- OPERE IDRAULICHE IN PROGETTO

La progettazione delle opere idrauliche è frazionabile in una serie di interventi, suddivisi da valle a monte in 3 *Settori in Progetto*, identificati rispettivamente con le lettere A),B),C) Il tema dominante che caratterizza ognuno di essi è rappresentato da:

- ***Eliminazione della "strozzatura idraulica"*** *nel settore A situato ad Ovest.*
- ***Manutenzione dell'alveo e delle sponde*** *nel settore B nella zona Mediana.*
- ***Allestimento di una cassa d'espansione*** *nel settore C nella zona Est.*

Nel dettaglio:

Interventi ***Settore A***

A1) Deviazione del fosso situato sulla sx della Strada di S.Bartolo nella fossa a monte della S.P Vecchia Aurelia separandolo di fatto dal Botro Bufalone.
A2) Deviazione del tratto finale del Botro Bufalone che attraverserà la S.P Vecchia Aurelia leggermente più a Sud rispetto alla posizione attuale.

A3) Realizzazione di un culvert a sezione circolare by-passante la S.P Vecchia Aurelia
A4) Realizzazione di un culvert a sezione circolare by-passante la viabilità di accesso privata di comunicazione ad un nucleo abitativo.
A5) Allestimento tratto di raccordo di adeguata curvatura e sezione nella zona lato mare della S.P Vecchia Aurelia.
A6) Rettifica della sezione drenante del tratto del Botro Bufalone in aderenza alla S.P Vecchia Aurelia.
A7) Manutenzione del fosso lato monte in aderenza alla S.P Vecchia Aurelia.

Interventi ***Settore B***

B1) Manutenzione alveo e sponde
B2) Allestimento di n°2 culvert di attraversamento della viabilità interna al perimetro di PA.

Interventi ***Settore C***

C1) Realizzazione cassa d'espansione
C2) Realizzazione soglia sfiorante fissa d'ingresso alla cassa d'espansione.
C3) Realizzazione scarico di fondo con "bocca" tarata d'uscita alla cassa d'espansione.
C4) Realizzazione tratto di botro rettificato interno alla cassa d'espansione
C5) Realizzazione tratto di botro rettificato all'uscita della cassa d'espansione
C6) Realizzazione tratto di botro rettificato prima della cassa d'espansione
C7) Realizzazione briglia e controbriglia con piccolo bacino di dissipazione

PARTE TERZA

§3.0 - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Le indagini dirette ed il modello geotecnico propositivo che caratterizzano l'area interna al perimetro del PA sono rappresentati nei seguenti elaborati :

TAV.n°12	INDAGINI IN SITU / DATI DI BASE
TAV.n°13	SEZIONI GEOTECNICHE A-A'/F-F'

§3.1-TAV.N°12- INDAGINE IN SITU / DATI DI BASE

Le caratteristiche geotecniche dei terreni sottesi alle aree interessate dal PA, sono state acquisite con l'esecuzione di una serie di indagini dirette consistenti in:

- n°2 Sondaggi geognostici con l'esecuzione di due prove fondo foro SPT (Standard Penetration Test) e prelievo di campioni indisturbati.
- N°2 Analisi di laboratorio sui campioni indisturbati.
- n°20 Prove Penetrometriche Dinamiche (PPD).
-

Abbiamo altresì utilizzato :

- n°3 Prove Penetrometriche Dinamiche (PPDA/B/C) relative a ns. precedenti interventi nella zona industriale.

Nel medesimo elaborato è riportata l'ubicazione dei pozzi presenti all'interno del perimetro del PA.

§3.2-TAV.N°13- SEZIONI GEOTECNICHE A-A'/F-F'

Sono rappresentate n° 6 sezioni geotecniche distribuite nei vari settori del Piano Attuativo elaborate estrapolando e sintetizzando i dati mutuati dalle indagini dirette.

§3.2.1-SONDAGGI GEOGNOSTICI

La stratigrafia litologica è stata integrata dalla classificazione USCS caratterizzata dai seguenti gruppi e sottogruppi: *Rocce ed ammassi rocciosi* (AR/GG), *Terre a grana grossa* (GW e SP) e *Terre a grana fine* (CL).

§3.2.2-ANALISI DI LABORATORIO

Per i campioni indisturbati S1 e S2 prelevati rispettivamente da 1,50 a 2,05 m.l. dal p.c. e da 1,50 a 2,10 dal p.c. sono state eseguite le determinazioni relative alla caratterizzazione granulometrica ed al peso di volume (γ); è stata eseguita altresì una prova di taglio diretto del tipo consolidata - non drenata (UU Specifica ASMT) per la valutazione della *coesione* (***c***) e dell'*angolo di resistenza al taglio* (ϕ). Attraverso l'analisi granulometrica è possibile determinare le dimensioni delle particelle che compongono il campione di terreno e stabilire le percentuali in peso delle varie frazioni che rientrano entro limiti prefissati.

§3.2.3-PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Le PPD eseguite hanno raggiunto il rifiuto strumentale a profondità comprese tra 0,60 e 5.00 m.l. dal p.c. (Rif. Allegato n°2). I terreni investigati sono caratterizzati da ***5 classi di consistenza***, applicando una classificazione codificata su dati di resistenza meccanica. In Tab.n°4 è riportata una elaborazione di carattere empirico dei principali parametri geotecnici tipici di terreni incoerenti ricavati dai tests dinamici.; sono stati utilizzati le PPD oltre il metro di profondità escludendo il Rifiuto Strumentale.

§3.2.4-CARICHI AMMISSIBILI

La determinazione dei carichi unitari ammissibili "q_a", ottenuta dall'applicazione di algoritmi sperimentali ai parametri meccanici scaturiti dalle prove in situ, è stata calcolata considerando la resistenza all'infissione dinamica registrata per ogni PPD alla profondità compresa tra c.a. 1,00 e 1,50 ml. e 1,50 e 2,00 ml. dal p.c., utilizzando un coefficiente di sicurezza = 3 (Rif. Tabella n°1a e 1b).

§3.2.5-MODULO DI SOTTOFONDO

Sempre in via empirica si è cercato di quantificare il valore "Ks" - coefficiente di reazione del terreno - utilizzando una relazione proposta da Velic (1961) che ha la forma

$Ks = E/ B(1-v^2)$

con

B = larghezza della fondazione

E = modulo di elasticità del terreno ricavato secondo l'ipotesi di Schmertmann utilizzando il numero di colpi della PPD1

v = modulo di Poisson

§3.2.6-VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI

Per una valutazione indicativa dei possibili cedimenti assoluti, calcolati per ogni PPD, è stata ipotizzata una fondazione di tipo a trave rovescia con un carico di esercizio unitario di 1,00 Kg/cmq ed una profondità del piano di posa situato a c.a –1,00 m.l. dal p.c.
I parametri geotecnici utilizzati per il calcolo dei cedimenti sono riportati nella tabella n°4.
Il metodo di calcolo considerato è quello di "***Burland & Burbidge***":

Si tratta di una metodologia espressamente adatta all'uso dei risultati delle PPD e basata sull'analisi statistica di svariati casi reali, comprendenti fondazioni di dimensioni variabili da 0,80 ml. a 135 ml.
Il relativo algoritmo di calcolo è il seguente:

$$S = f_s \times f_h \times f_t \times [s'_{v0} \times B^{0,7} \times Ic/3 + (q' - s'_{v0}) \times B^{0.7} \times I_c]$$

dove:
S è l'entità del cedimento;
fs, ft e fh sono fattori correttivi relativi rispettivamente alla forma della fondazione, allo spessore dello strato compressibile e alla componente viscosa del cedimento;
q' è la pressione efficace lorda;
s'v0 è la tensione verticale efficace agente alla quota d'imposta della fondazione;
B è la larghezza della fondazione;
Ic è l'indice di compressibilità.

§3.3-ANALISI DATI GEOTECNICI

L'indagine geotecnica ha evidenziato quanto segue:

Sondaggi geognostici: protratti fino alla profondità max. di 10 ml., hanno evidenziato la presenza di orizzonti di natura sabbioso limosa caratterizzati da diverso grado di addensamento e intervallati da orizzonti cementati di calcareniti e di conglomerati (Rif. Allegato n°2) per lo più localizzati oltre i 2 ml. dal pc.. Questo tema è reiterato su tutta l'area, se si esclude il settore NE sulla dx orografica del Botro Bufalone dove gli orizzonti litoidi sembrano localizzati più superficialmente (Rif.Sez.Geotecniche C-C' e D-D').

Analisi di laboratorio: il litotipo dominante è rappresentato dalle sabbie come si evince dai referti di laboratorio (Allegato n°2) relativi alle analisi eseguite sui *campioni indisturbati,* anche se visivamente il campione defustellato appariva come un limo argilloso con concrezioni.
Nel dettaglio :

1. Il *fuso granulometrico* indica una predominanza di *sabbia e ghiaia (S1 = 56,09 % e S2 = 67,95 %)* rispetto alle altre componenti *limo e argilla (S1 = 43,91 % e S2 = 32,05 %)*
2. La *coesione* "c" (S1 = 0,20 Kg/cmq e S2 = 0,30 Kg/cmq).
3. *L'angolo di attrito "ϕ" (S1 = 26° e S2 = 24°)*
4. Il *peso di volume* "γ" (S1 = 2,103 g/cmc e S2 = 1,949 g/cmc)
5. Il *contenuto di acqua allo stato naturale "W"* (S1 = 14,60% e S2 = 12,40%).

Tab.1a ***CARICHI AMMISSIBILI***

Prof.	PPD1	PPD2	PPD3	PPD4	PPD5	PPD6	PPD7	PPD8	PPD9	PPD10	PPD11	PPD12	PPD13
ml dal pc													
1.00-1,50	0,46	0,34	0,35	0,26	0,2	0,25	0,19	R	0,23	0,29	R	R	0,3
1.50-2.00	0,61	0,32	0,39	0,36	0,28	0,36	0,16	R	0,41	0,38	R	R	0,46

Prof.	PPD14	PPD15	PPD16	PPD17	PPD18	PPD19	PPD20
ml dal pc							
1.00-1,50	0,26	0,34	0,31	0,72	0,42	0,43	0,24
1.50-2.00	0,37	0,34	0,33	0,67	0,32	0,27	3,0

Tab.1b ***CARICHI AMMISSIBILI***

Prof.	PPDA	PPDB	PPDC
ml dal pc			
1.00-1,50	2,07	2,14	1,22
1.50-2.00	1,65	>5,00	1,73

Tab.2a ***MODULO DI SOTTOFONDO***

	PPD1	PPD2	PPD3	PPD4	PPD5	PPD6	PPD7	PPD8	PPD9	PPD10	PPD11
Larghezza fondazione ml.	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Profondità fondazione ml.	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
N colpi medio	8	6	7	5	4	5	4	ND	4	5	ND
Ks medio (Kg/cmc)	1,07	0,8	0,7	0,67	0,53	0,67	0,53	ND	0,53	0,57	ND

	PPD12	PPD13	PPD14	PPD15	PPD16	PPD17	PPD18	PPD19	PPD20
Larghezza fondazione ml.	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Profondità fondazione ml.	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
N colpi medio	ND	5	5	6	6	13	8	8	4
Ks medio (Kg/cmc)	ND	0,67	0,67	0,8	0,8	1,73	1,07	1,07	0,53

	PPD1	PPD2	PPD3	PPD4	PPD5	PPD6	PPD7	PPD8	PPD9	PPD10	PPD11
Larghezza fondazione ml.	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Profondità fondazione ml.	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
N colpi medio	8	6	6	7	5	7	3	ND	7	7	ND
Ks medio (Kg/cmc)	1,07	0,8	0,8	0,7	0,67	0,93	0,4	ND	0,93	0,93	ND

	PPD12	PPD13	PPD14	PPD15	PPD16	PPD17	PPD18	PPD19	PPD20
Larghezza fondazione ml.	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Profondità fondazione ml.	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
N colpi medio	ND	8	7	6	6	12	6	5	56
Ks medio (Kg/cmc)	ND	1,07	0,93	0,8	0,8	1,6	0,8	0,67	>5,0

Tab.2b ***MODULO DI SOTTOFONDO***

	PPDA	PPDB	PPDC	PPDA	PPDB	PPDC
Larghezza fondazione ml.	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Profondità fondazione ml.	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5
N colpi medio	11	11	6	9	40	9
Ks medio (Kg/cmc)	1,47	1,47	0,8	1,2	>5,00	1,2

Tab.3 ***CEDIMENTI***

	PPD1	PPD2	PPD3	PPD4	PPD5	PPD6	PPD7	PPD8	PPD9	PPD10	PPD11
Larghezza fondazione ml.	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Profondità fondazione ml.	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Cedimento immediato (cm)	0,68	0,41	0,56	1,09	0,68	0,84	0,6	ND	0,84	0,84	ND
Cedimento in tre anni (cm)	0,88	0,53	0,73	1,41	0,88	1,09	0,79	ND	1,09	1,09	ND

	PPD12	PPD13	PPD14	PPD15	PPD16	PPD17	PPD18	PPD19	PPD20
Larghezza fondazione ml.	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Profondità fondazione ml.	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Cedimento immediato (cm)	ND	1,08	0,84	0,56	0,56	0,41	0,48	0,68	0,41
Cedimento in tre anni (cm)	ND	1,41	1,09	0,73	0,73	0,53	0,62	0,88	0,53

	PPDA	PPDB	PPDC
Larghezza fondazione ml.	0,8	0,8	0,8
Profondità fondazione ml.	1,0	1,0	1,0
Cedimento immediato (cm)	0,18	0,36	0,11
Cedimento in tre anni (cm)	0,23	0,47	0,15

I parametri indicano che siamo in presenza di terreni incoerenti comunque caratterizzati da un certo grado di coesione.

Carichi ammissibili: i valori delle PPD sono stati calcolati in 2 diversi orizzonti:

- ad una profondità compresa tra 1,00 ml. e 1,50 ml. dal p.c.
- ad una profondità compresa tra 1,50 ml. e 2,00 ml. dal p.c.

I test STP, eseguiti fondo foro, sono riferiti alle profondità comprese tra:

- 2,05 e 2,50 m.l. dal p.c. sondaggio N°1
- 2,10 e 2,55 m.l. dal p.c. sondaggio N°2

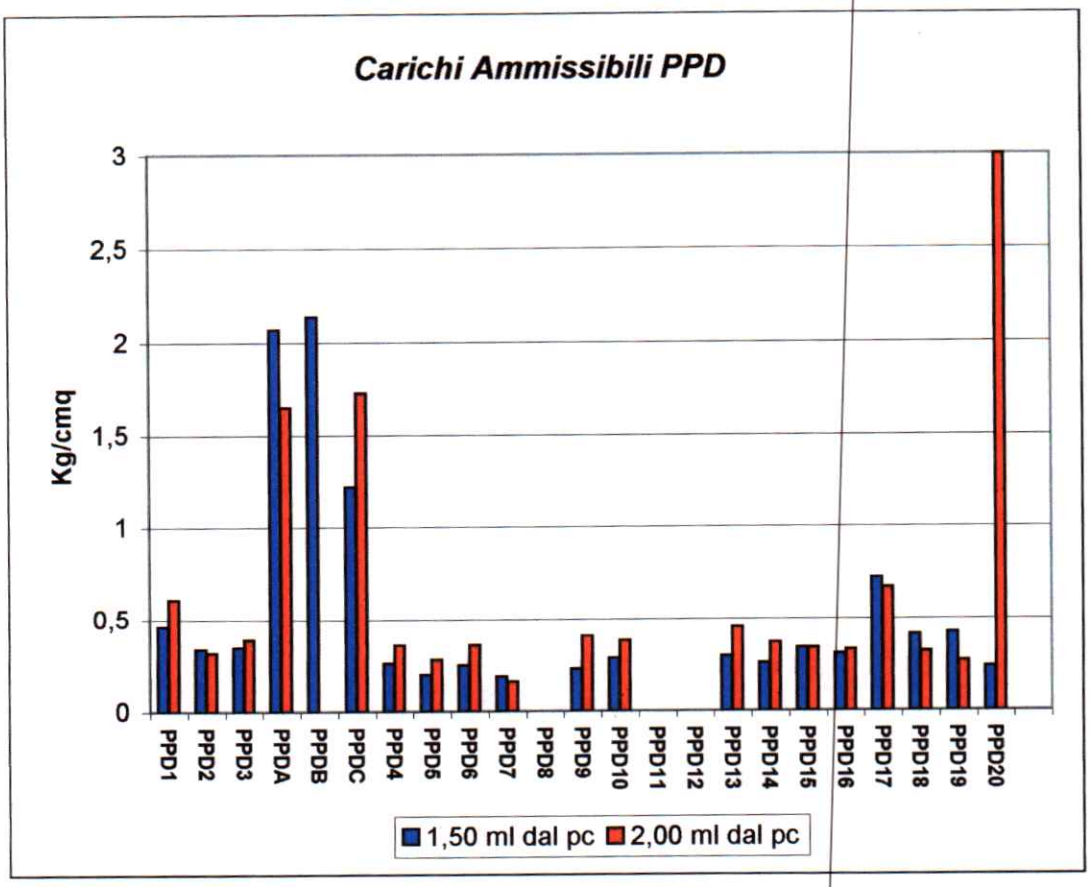
Per le PPD1/PPD20 (Rif.Tab. n°1a e 1b) per il primo orizzonte di calcolo, escludendo il *Rifiuto*
I valori variano tra **0,19** Kg/cmq cmq e **0,72** Kg/cmq.
Per le PPD1/PPD20 (Rif.Tab. n°1a e 1b) per il secondo orizzonte di calcolo, escludendo il *Rifiuto*
I valori variano tra **0,16** Kg/cmq cmq e **3,00** Kg/cmq.
Per le PPDA, PPDB e PPDC si hanno valori compresi tra c.a. **1,22** e **2,14** Kg/cmq, per il primo orizzonte di calcolo.
Per le PPDA, PPDB e PPDC si hanno valori compresi tra 1,65 Kg/cmq, e >5.00 Kg/cmq per il secondo orizzonte di calcolo.
Per le SPT1 e SPT2, la determinazione delle pressioni ammissibili hanno fornito un valore del carico ammissibile variabile tra c.a. **2,79** e >**5,00** Kg/cmq.

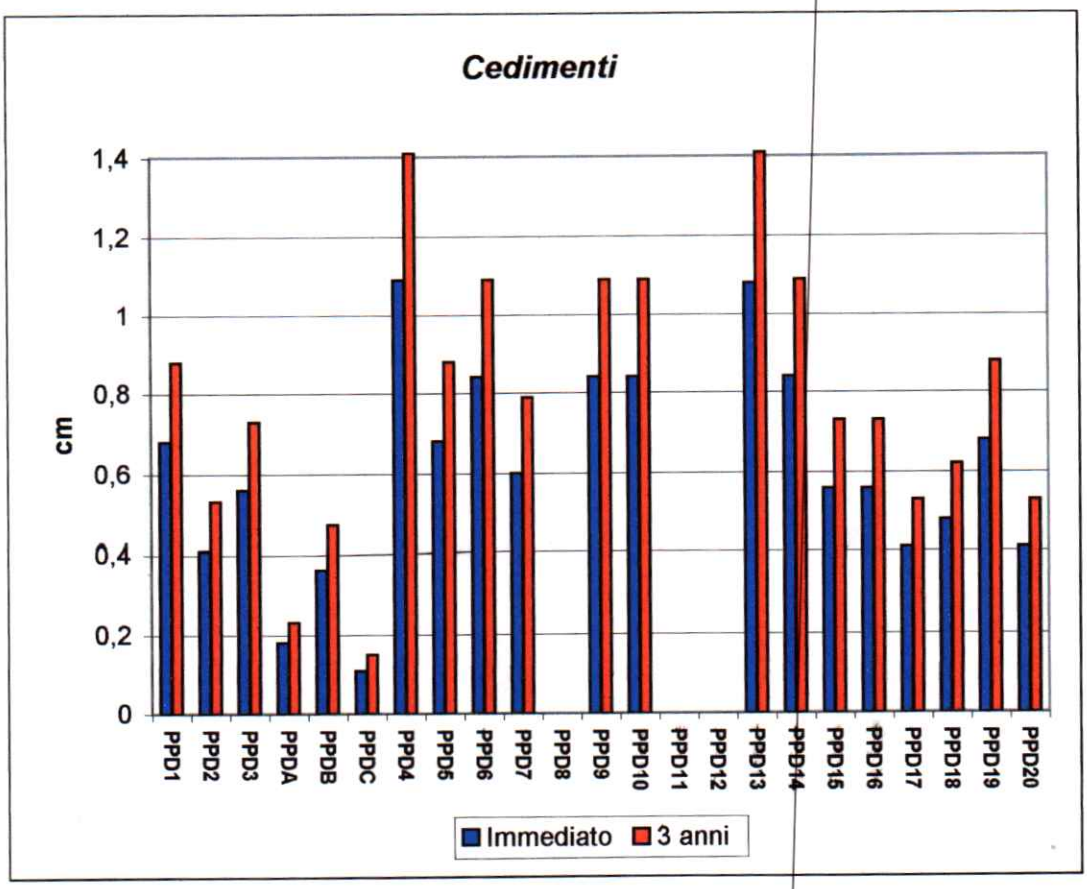
E'significativo notare che la calcolistica empirica desunta dalle PPD esprime una mediana dei valori in buon accordo con le analisi di laboratorio in relazione ai parametri confrontabili.

Modulo di sottofondo
Il calcolo è stato fatto nell'ipotesi di una fondazione a trave rovescia della larghezza di c.a. 0,80 ml. ed un piano di posa della fondazione di 1,00 e 1,50 ml. dal p.c..
Per le PPD1/PPD20 (Rif.Tab. n°2a e 2b) i valori sono compresi tra c.a. ***0,53*** *e* ***1,73*** *Kg /cmc* .per il primo orizzonte di calcolo
Per le PPD1/PPD20 (Rif.Tab. n°2a e 2b) i valori sono compresi tra c.a. ***0,40*** *e* ***1,60*** *Kg /cmc.* per il secondo orizzonte di calcolo
Per le PPDA/B/C per entrambi gli orizzonti di calcolo i valori sono compresi tra ***0,80*** e ***1,47*** *Kg /cmc* .

Cedimenti: i calcoli eseguiti su ogni spot penetrometirco mostrano valori dei cedimenti immediati compresi tra **0,11** cml e **1,09** cml. e cedimenti dopo tre anni compresi tra **0,15** e **1,41** cml. (Rif. Tabella n°3).

Livello di falda: data la profondità, non può interferire con il piano di posa delle fondazione nemmeno nell'ipotesi della realizzazione di seminterrati.


Carichi Ammissibili PPD
Kg/cmq
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
PPD1
PPD2
PPD3
PPDA
PPDB
PPDC
PPD4
PPD5
PPD6
PPD7
PPD8
PPD9
PPD10
PPD11
PPD12
PPD13
PPD14
PPD15
PPD16
PPD17
PPD18
PPD19
PPD20
1,50 ml dal pc
2,00 ml dal pc


Cedimenti
cm
1,4
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
PPD1
PPD2
PPD3
PPDA
PPDB
PPDC
PPD4
PPD5
PPD6
PPD7
PPD8
PPD9
PPD10
PPD11
PPD12
PPD13
PPD14
PPD15
PPD16
PPD17
PPD18
PPD19
PPD20
Immediato
3 anni

PARAMETRI GEOTECNICI EMPIRICI

N° Test	Prof. (ml.)	γsat (t/mc)	γd (t/mc)	Dr (%)	φ' (°)	E' (kg/cmq)	N° colpi medio	Rp medio (kg/cmq)
PPD1	0 – 2,50	1,88	1,41	18,3	28	230	7	7,5
PPD2	0 – 4,20	1,91	1,46	28,3	29,2	252,9	10	10,3
PPD3	0 – 2,90	1,89	1,43	21,7	28,4	237,5	8	8,7
PPD4	0 – 2,70	1,87	1,39	15	27,6	222,1	5	5,5
PPD5	0 – 3,50	1,88	1,41	18,3	28	229,8	7	7,2
PPD6	0 – 2,90	1,88	1,41	18,3	28	229,8	6	6,1
PPD7	0 – 4,00	1,88	1,41	18,3	28	229,8	6	6,7
PPD8	-	-	-	-	-	-	-	-
PPD9	0 – 2,80	1,88	1,41	18,3	28	229,8	6	6
PPD10	0 – 2,70	1,88	1,41	18,3	28	229,8	6	6,4
PPD11	-	-	-	-	-	-	-	-
PPD12	-	-	-	-	-	-	-	-
PPD13	0 – 2,00	1,88	1,41	18,3	28	229,8	5	5,9
PPD14	0 – 2,30	1,88	1,41	18,3	28	229,8	6	6,8
PPD15	0 – 2,70	1,88	1,41	18,3	28	229,8	6	6,4
PPD16	0 – 4,90	1,89	1,43	21,7	28,4	237,5	8	8,7
PPD17	0 – 2,30	1,91	1,46	28,3	29,2	252,9	10	10,3
PPD18	0 – 2,80	1,87	1,39	15	27,6	222,1	9	9,2
PPD19	0 – 2,70	1,88	1,41	18,3	28	229,8	7	7,7
PPD20	0 – 4,20	1,91	1,46	28,3	29,2	252,9	10	10,3
PPDA	0 – 2,40	1,96	1,53	41	31,2	299,2	18	67
PPDB	0 – 1,70	1,91	1,46	28,3	29,2	252,9	11	40,1
PPDC	0 – 2,70	1,98	1,58	48,5	32,7	337,7	25	93

Tab.n°4

§4.0-PRESCRIZIONI

Le opere in progetto e lo sviluppo del sistema insediativo impongono alcune prescrizioni relative alla tematica idraulica e geotecnica disciplinate su due livelli:

1. *Livello Vincolante*
2. *Livello d'Indirizzo.*

§4.1-PRESCRIZIONI DI CARATTERE IDRAULICO *"VINCOLANTI"*

- ***La realizzazione delle opere indicate in Tav.n°11-Opere idrauliche in progetto-devono essere preceduta da specifica progettazione.***
- ***La realizzazione delle opere di cui al punto precedente rende superflua ogni ulteriore verifica di tipo idrologico-idraulico per interventi diretti o indiretti sottesi al tratto del Botro Bufalone compreso tra la S.P Vecchia Aurelia e il rilevato della Variante Aurelia.***
- ***L'eventuale attraversamento della cassa d'espansione deve essere impostato su "pilotis" e non con una sezione di attraversamento di tipo circolare o policentrica ovvero policentrica multipla ad arco o ribassata.***
- ***Tutti gli attraversamenti legati alla viabilità del PA in progetto (culvert circolari, culvert policentrici ecc.) dovranno avere una sezione pari ma possibilmente maggiore della sezione drenante del fosso ad essi sottesa.***
- ***Si dovranno evitare lungo il corso del botro:***
  1. ***manufatti in cls (muri di sostegno, briglie, ecc.).***
  2. ***rivestimenti dell'alveo o delle sponde fluviali in cls.***
- ***L'utilizzo di cls è consentito tuttavia per l'eventuale realizzazione dei "pilotis" nell'attraversamento della cassa d'espansione.***
- ***E' fatto assoluto divieto di realizzare tombamenti del corso d'acqua.***
- ***Gli attraversamenti (o by pass),indicati nella Tav.n°8 con la lettera B seguita da un numero, eccetto quelli indicati con B2, B3 e B8, devono essere rimossi.***
- ***Gli attraversamenti B2 e B3 dato il loro stato attuale devono essere fatti oggetto di manutenzione, non "una tantum" nel momento tecnico rappresentato dalla realizzazione delle opere per la riduzione del rischio, ma anche successivamente con scadenza ravvicinata.***
- ***La realizzazione di attraversamenti, successivi a quelli previsti dalle opere in progetto per la riduzione del rischio, è interdetta; l'eventuale costruzione, qualora se ne ravveda giustificata necessità, deve essere soggetta a specifica progettazione ed approvata dalla Pubblica Amministrazione sentiti tutti gli Enti preposti.***
- ***Entro i 10 ml. di Zona di Tutela Assoluta del corso d'acqua (misurati ortogonalmente alla sponda) si devono evitare recinzioni, siepi di confine e parcheggi di superficie pur anche a raso.***
- ***Si deve osservare il rispetto della Zona di Tutela Assoluta (raggio 10 ml. nei confronti delle opere di captazione).***

§4.2-PRESCRIZIONI DI CARATTERE IDRAULICO *DI "INDIRIZZO"*

- *La realizzazione delle opere di riduzione del rischio idraulico renderà consequenziale la richiesta di deperimetrazione ai sensi della D.G.R n°. 1212*

/99. Le verifiche idrauliche andranno di norma condotte a moto permanente per tenere conto delle variazioni geometriche delle sezioni di deflusso.

- *Nei singoli lotti è consigliabile privilegiare nelle pavimentazioni esterne materiali dotati di caratteristiche tali da non mortificare la capacità drenante del terreno, indipendentemente dal fatto che la realizzazione degli edifici garantisca il mantenimento di un' area permeabile pari ad almeno il 30% della superficie fondiaria.*
- *Sia per il corso d'acqua che per la cassa d'espansione deve essere programmata da parte dell'Ente preposto una manutenzione regolare della flora che, preveda interventi graduali protratti nel tempo, piuttosto che devegetazione spinta.*
- *Su tutta l'area del PA, ovvero nelle zone a verde, qualora la morfologia lo consenta, deve essere assecondata la realizzazione di bacini di ritenzione delle acque meteoriche urbane (bacini di prima pioggia, vasche o giardini depressi), da inserire come elemento gradevole di arredo urbano.*

§4.3-PRESCRIZIONI DI CARATTERE GEOTECNICO "*VINCOLANTI*"

1. ***L'indagine geotecnica eseguita, per il carattere invasivo dei dati raccolti, non può fornire risposte esaustive per i singoli interventi sui lotti anche se ha verticalizzato lo stato delle conoscenze della zona in esame.***
2. ***Nei singoli interventi è fondamentale il rispetto del concetto di "Volume significativo" riferibile al D.M 11 Marzo 1988 dove si specifica quanto segue "Lo studio geotecnico deve essere esteso alla parte del sottosuolo influenzata direttamente o indirettamente dalla costruzione del manufatto e che influenza il comportamento del manufatto stesso (volume significativo). L'ampiezza dell'indagine deve perciò essere proporzionata alle dimensioni, al tipo, alle caratteristiche strutturali, all'importanza dell'opera, alla complessità del sottosuolo ed allo stato delle conoscenze sulla zona in esame"(sic).***
3. ***Lo studio geologico-tecnico (ovvero geotecnico) deve essere supportato da indagini dirette.***
4. ***Le indagini dirette del presente studio possono essere utilizzate qualora l'ubicazione ricada all'interno del "volume significativo" dell'opera in progetto (o in aderenza allo stesso) tenendo comunque conto che l'attuale quota del piano di campagna può essere modificata dalle prevedibili operazioni scotico.***

§4.4-PRESCRIZIONI DI CARATTERE GEOTECNICO DI "*INDIRIZZO*"

I risultati dello studio, suggeriscono per le indagini geologico - tecniche relative agli interventi diretti, l'approfondimento dei seguenti temi:

- *Individuazione qualitativa dei terreni interessati sottesi al "volume significativo" dell'opera in progetto.*
- *Individuazione dello spessore dei medesimi terreni.*
- *Analisi e valutazione dei dati ottenuti dalle prove dirette eseguite.*
- *Modellizzazione geotecnica del terreno.*
- *Calcolo del carico ammissibile dei terreni.*
- *Analisi indicativa dei cedimenti indotti dai sovraccarichi (e loro decorso nel tempo) ed eventuali possibili distorsioni angolari prodotte nelle strutture.*

- *Considerazioni relative all'altezza critica dei fronti di scavo nell'ipotesi della realizzazione di seminterrati o quant'altro sia situato al di sotto del piano di campagna.*
- *Indicazione sulla regimazione delle acque superficiali indotte dal manufatto in progetto.*
- *Suggerimenti sul mantenimento della attitudine drenante dei terreni*

Dott.Geol. Reno De Cassai

Cartografia tematica / Allegati

Cartografia tematica :

TAV.n°1	**INQUADRAMENTO INVASIVO**
TAV.n°2	**DEFINIZIONE SOTTOBACINI**
TAV.n°3	**DEFLUSSI SUPERFICIALI**
TAV.n°4	**GEOLOGIA BACINO**
TAV.n°5	**PERMEABILITA' BACINO**
TAV.n°6	**DIFFUSIONE DELLA VEGETAZIONE**
TAV.n°7	**STATO ATTUALE/AMBITI/ZONE DI TUTELA**
TAV.n°8	**RILIEVO DI DETTAGLIO / ASPETTI MORFOLOGICI**
TAV.n°9	**VERIFICA IDRAULICA**
TAV.n°10A	**SEZIONI IDRAULICHE 1-1'/4-4'**
TAV.n°10B	**SEZIONI IDRAULICHE 5-5'/7-7'**
TAV.n°10C	**SEZIONI IDRAULICHE A-A'/F-F'**
TAV.n°11	**OPERE IDRAULICHE IN PROGETTO**
TAV.n°12	**INDAGINI IN SITU / DATI DI BASE**
TAV.n°13	**SEZIONI GEOTECNICHE**
TAV.n°14A	**ALLEGATO FOTOGRAFICO**
TAV.n°14B	**ALLEGATO FOTOGRAFICO**

Allegati :

- Allegato n°1: Calcoli idraulici
- Allegato n°2: Indagini "in situ"

Errata Corrige

La sigla (UT.9.7)) che identifica il Piano per gli Insediamenti Produttivi come riportata nei cartigli degli elaborati tematici (fronte e fianco) ed degli Allegati n°1 e n°2 deve essere rettificata in (**UT.7.9**). Il frontespizio della memoria tecnica è riportato correttamente.